

金属材料技術研究所 ○宇田 雅 広
大野 悟

1. 緒言 アーク溶接においては雰囲気中に酸素が存在すると窒素溶解量が著しく増すことが小林らによって報告されている。本研究では雰囲気中ではなく、溶鉄中に溶解している酸素を中心とした表面活性成分量を種々変化させ、窒素溶解量がどのように影響されるかを検討したものである。その結果、一般の製鋼反応データからは説明されない現象であることが判明した。ここに、アーク溶解時における窒素ガス溶解機構のモデルを立て、この現象を解析したので報告する。

2. 実験方法および実験結果 純鉄中の酸素濃度の調製は各種水蒸気分圧を有する H_2O -Ar 雰囲気中で電解鉄を高周波溶解することにより行なった。酸素濃度の高い試料および S, Se 含有試料はそれぞれ酸化鉄、硫化鉄およびセレンを直接添加して作成した。試料約 5g をアーク溶解装置内にセットし、アーク電流 180A (DCSP)、電圧 16V の条件により、所定の窒素雰囲気中で 2 分間溶解した。なお、溶解凝固試料の窒素分析は JIS G-1228-1962 にもとづく Kjeldahl 法により定量した。

Fig.1. は各種窒素分圧下における表面活性成分含量と窒素溶解量との関係を示す。なお、同図中に窒素分圧 0.05atm における製鋼反応 ($1900^{\circ}C, C_N^{(0)} = -0.14$) の窒素溶解量の計算値と比較のために示した。

Fig.2. には各種表面活性成分含有試料の窒素分圧と窒素溶解量の関係を示した。これらの図からわかるように窒素溶解量は微量の表面活性成分の含有により著しく増大し、例えば Fe-O 試料の場合 (Fig.1. 5% N_2)、溶鉄の酸素濃度 200ppm 以下では比較的低位窒素溶解量 (0.03% N) を与え、ほぼ一定であるが酸素濃度 200ppm を境としてそれ以上では急激に窒素溶解量が増大しているのが注目される。一方、製鋼反応のデータでは窒素溶解量は酸素濃度の増加とともに

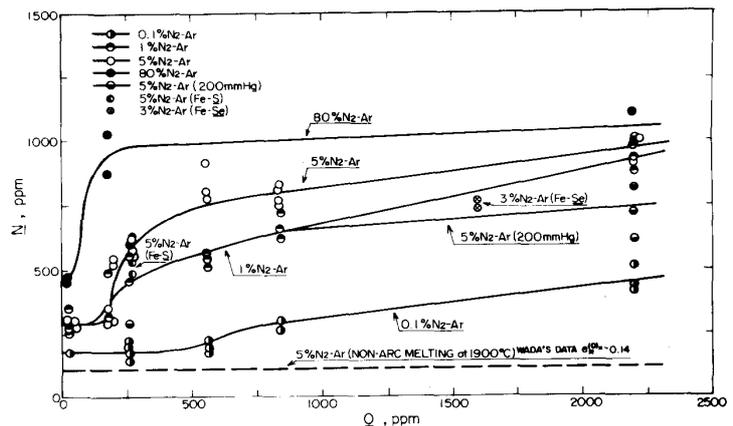


Fig.1. Effect of oxygen on nitrogen solubility during the arc melting.

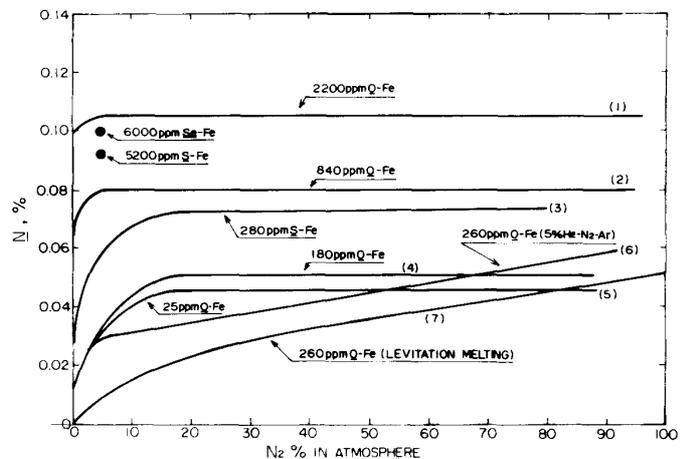


Fig.2. Relation between P_{N_2} and nitrogen solubility in Fe-O alloys.

極めて僅か単調に増加しているのみで、アーク溶解のような200ppm Ω を境にしての変化は見られぬ。また、Fig.2.に示すように同一酸素濃度試料でも(260ppm Ω)、僅かに5% H_2 を添加した5% H_2 - N_2 -Ar雰囲気中でアーク溶解した試料の窒素含量は全体に低下することがわかる。これは試料中の酸素が雰囲気中の水素で還元されたため低酸素濃度(200ppm Ω 以下)の窒素溶解挙動を示したものと考えられる。硫黄、セレンの場合も同様な現象がみられた。

3. アーク溶解時における溶鉄中の窒素の溶解機構について Fe-O系を例にとり、表面活性成分元素による窒素溶解機構について考察する。表面活性成分の存在によって溶鉄界面に変化が現われることは容易に想像される。長、井上らは、溶鉄中の窒素吸収速度は溶鉄中の酸素濃度200~400ppmを境にして窒素吸収速度に変化が生じると報告している。これは酸素濃度200~400ppm附近で溶鉄表面の酸素過剰濃度値がほぼFeO組成となり、このために窒素吸収機構に変化が生じたものと説明している。この酸素濃度範囲はまた本研究において窒素溶解量が急激に増大する酸素濃度範囲とほぼ一致している。したがって、FeO組成層形成前後で窒素溶解機構に変化を生じたものと解釈されるであろう。そこで、溶鉄中の酸素濃度によって2つのtypeに分けてアーク気相中から溶鉄中への窒素溶解および溶鉄から気相への窒素の逃散過程を説明すればFig.3.のように示される。TYPE 1.は酸素濃度200ppm以下の場合でFeOが生成されていない範囲である。この場合、アーク柱の高温で解離した原子状窒素は溶鉄-気相界面に達すると再び結合し、大部分が分子状窒素に戻ってしまうが、極めて僅かの窒素原子はそのまゝ存在する。したがって界面気相層は窒素の化学ポテンシャルの高い状態にあり、これと平衡するような溶鉄の窒素溶解量を与えることになる。しかし、溶鉄はアーク以外(大部分)の気相と接触しているのでこの気相とアークより溶解した窒素との平衡を考えると、この溶解窒素は気相に対して常に過飽和の状態となり、その過飽和の分だけこの気相中に逃散しようとする傾向にある。しかし、溶鉄から気相に窒素が逃散するためには溶鉄界面で窒素原子が結合し、窒素分子とならなければならないから、アーク柱を通しての溶解の場合よりも余分のエネルギーを必要とすることになる。この余分のエネルギーに相当する分だけ溶鉄中の窒素溶解量が増大するものと考えられる。TYPE 2.の場合、アーク柱を通しての窒素溶解過程はTYPE 1.と同じであるが、非アーク気相への窒素逃散過程はFeO層を窒素分子ガスが通過するための余分のエネルギーがさらに必要となる。窒素溶解量が200~400ppm酸素濃度で急激に増大するのにも上記の理由によるものと考えられる。

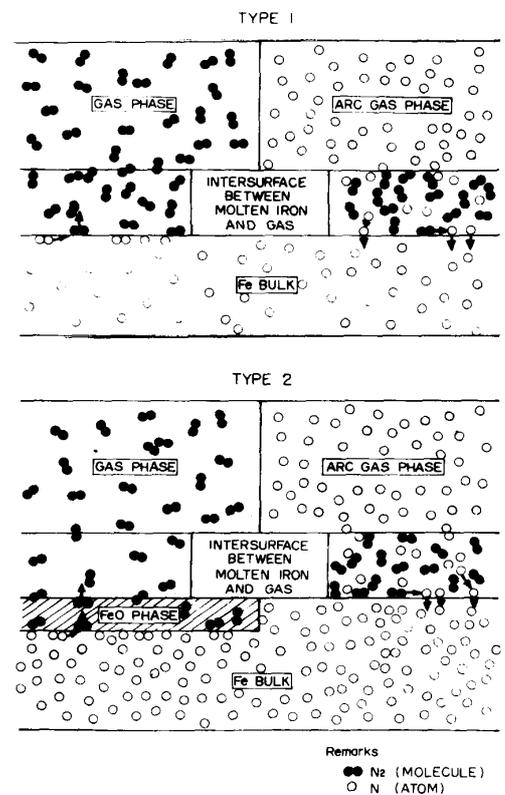


Fig.3. Schematic model of nitrogen absorption in arc melting of Fe-O alloys.